

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : **2 752 191**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enr gistement national : **96 10141**

(51) Int Cl<sup>6</sup> : B 32 B 7/02, B 32 B 33/00, A 41 D 13/00, 13/10, 31/02,  
A 43 B 7/34, F 16 L 59/02

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 08.08.96.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 13.02.98 Bulletin 98/07.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : INSTITUT NATIONAL DE  
RECHERCHE ET DE SECURITE POUR LA  
PREVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET  
DES MALADIES PROFESSIONNELLES LOI DE  
1901 — FR.

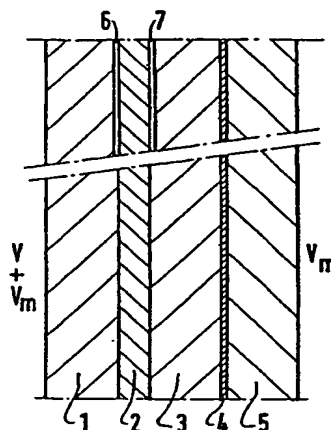
(72) Inventeur(s) : PAUREAU JEAN.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : BOUJU DERAMBURE BUGNION SA.

(54) MATERIAU ANTI-THERMIQUE ET EQUIPEMENT DE PROTECTION CONTRE LES HAUTES ET BASSES  
TEMPERATURES.

(57) Matériau composite destiné à la fabrication d'un équi-  
pement de protection individuel contre les hautes ou bas-  
ses températures, comprenant une couche externe (1) en  
fibres réfractaires, une couche accumulatrice de chaleur  
(2) une couche pare-vapeur (4) et un garnissage interne  
(5); le matériau composite peut comporter, également, des  
écrans anti-rayonnement de part et d'autre et dans la cou-  
che accumulatrice. La couche accumulatrice peut être  
constituée d'une cotte de maille métallique. Une moufle  
constituée de ce matériau composite permet de tenir un  
objet porté à 600°C pendant 5s, sans atteindre le seuil de  
douleur.



FR 2 752 191 - A1



**MATERIAU ANTI-THERMIQUE ET EQUIPEMENT DE PROTECTION CONTRE  
LES HAUTES ET BASSES TEMPERATURES**

La présente invention concerne un matériau  
5 composite anti-thermique.

Elle concerne également un gant de protection et  
d'autres équipements individuels de protection anti-  
thermiques. Au sens de la présente invention, le terme  
10 anti-thermique est employé pour désigner des matériaux ou  
objets destinés à protéger, au moins temporairement, une  
portion du corps humain, notamment la main, des effets,  
tels que douleur et brûlures, que pourrait causer le  
contact ou la proximité d'un objet porté à haute ou à très  
15 basse température.

Dans certaines industries, les verreries notamment,  
il est nécessaire de saisir manuellement des produits en  
cours d'élaboration portés à haute température, typiquement  
20 700° à 900°C, afin d'en contrôler l'aspect et la qualité.  
La durée de tels contrôles est typiquement de 5 secondes  
par pièce. En cryogénie, il est souvent nécessaire de  
manipuler des pièces refroidies à la température de l'azote  
liquide (-196°C). Pour se protéger des effets de la chaleur  
25 ou du froid, les opérateurs portent généralement des gants  
très isolants et très épais. Ils sont constitués, pour les  
applications visant la protection contre la chaleur, de  
tissus de fibres d'amiante ou de fibres réfractaires de  
substitution. L'utilisation de ces gants présente  
30 l'inconvénient de ne pas permettre une bonne dextérité du  
fait de leur épaisseur.

L'expérience montre en outre que ces gants en fibres réfractaires de substitution s'avèrent glissants au contact des objets portés à haute température ( $>600^{\circ}\text{C}$ ).

5 Dans les verreries, ou dans l'industrie sidérurgique, se pose également le problème de la protection des pieds des opérateurs pendant des expositions courtes et répétitives à la chaleur.

10 Le brevet US 4,302,851 propose une moufle constituée d'un matériau composite présentant une alternance de couches de tissus de fibres de polyamides aromatiques, de feuilles d'aluminium et de fibres de verre. La surface extérieure de ce matériau est constituée d'un  
15 tissu de fibres de verre formant des replis, ce qui crée et maintient un écartement avec l'objet brûlant en train d'être manipulé. Une telle moufle permet de saisir un objet très chaud mais elle peut s'avérer glissante et la succession des replis du tissu de fibres de verre en  
20 surface n'est pas compatible avec l'obtention d'une bonne dextérité.

Le brevet FR 2 710 247 propose un gant avec un revêtement extérieur métallique ou céramique, obtenu par  
25 projection à chaud sur la surface extérieure d'un matériau textile. Ce revêtement extérieur est destiné à résoudre le problème de la glissance. Mais si l'objet à manipuler est très chaud ( $> 500^{\circ}\text{C}$ ) le gant doit être très épais et ne permet pas une bonne dextérité.

30

On connaît par ailleurs des matériaux composites multicouches textiles pour fabriquer des gants destinés à la manipulation d'objets chauds, soit dans un cadre domestique, soit dans un cadre industriel. A titre

d'exemples, on peut citer le brevet US 4,847,918 qui décrit un gant constitué d'une couche textile isolante intérieure, d'une couche intermédiaire synthétique étanche à l'eau et perméable à la vapeur et d'une couche extérieure en cuir ;  
5 le brevet US 4,454,611 qui décrit un gant constitué d'un textile intérieur en fibres de polyamides aromatiques et d'une couche extérieure également en fibres polyamides aromatiques elles-mêmes recouvertes d'un élastomère. Ces gants, constitués de matériaux organiques, d'origine  
10 naturelle ou synthétique, sont plus minces que les gants cités précédemment et peuvent permettre de manipuler avec une meilleure dextérité des objets présentant des températures de l'ordre de 100° à 250°C mais ne permettent pas de manipuler, sans être rapidement détruits, des objets  
15 dont la température dépasse 500°C.

Le brevet US 4 967 419 décrit un protecteur de bras contre la chaleur et l'abrasion, composé d'une manchette  
20 extérieure tricotée de fils métalliques et de tissus internes en coton. Le matériau de ce produit peut offrir une bonne protection mécanique et thermique, mais du fait de sa destination, il n'a pas vocation à posséder la souplesse indispensable à l'obtention d'un bonne dextérité.

25 Certains gants ou moufles sont revêtus d'une cotte de mailles métallique sur la surface extérieure de la paume. Cette cotte de maille vise à protéger le protecteur contre les agressions mécaniques. Lors de manipulations de pièces chaudes, elle est rapidement portée à la température  
30 de la pièce à manipuler et n'accroît pas sensiblement la protection contre la chaleur.

La présente invention a pour but de concilier l'obtention d'une bonne dextérité et une protection

thermique soutenue, lors de la manipulation de pièces chaudes ou froides. Elle vise la mise au point d'un matériau composite présentant d'excellentes propriétés de barrage temporaire au flux de chaleur en régime thermique rapidement variable, tout en présentant une épaisseur relativement faible.

Dans la suite de ce texte, par commodité de langage et par analogie avec le cas des gants, on désignera également pour un matériau en feuilles ou en plaques par couches externes ou parois externes les couches ou parois destinées à être placées du côté de l'objet chaud (ou froid) et par couches internes ou parois internes, les couches ou parois destinées à être placées du côté de la peau humaine à protéger. De même, la direction "vers l'extérieur" désignera "vers l'objet chaud (ou froid)", et vice-versa pour "vers l'intérieur".

Le but de l'invention est atteint par un matériau composite anti-thermique qui comprend, de l'extérieur vers l'intérieur, au moins une couche isolante externe, une couche accumulatrice de chaleur, une couche pare-vapeur constituée d'un matériau étanche à la vapeur d'eau, une couche interne constituée d'un tissu isolant interne. Le matériau selon l'invention comprend ainsi au moins 4 couches successives.

La couche isolante externe peut être constituée pour les applications "hautes températures" d'un textile choisi parmi les textiles en fibres minérales réfractaires.

De préférence, le matériau de ladite couche accumulatrice de chaleur est choisi parmi les tissus ou tricotés métalliques et les cottes de mailles métalliques.

Selon un mode d'exécution préféré, le matériau composite anti-thermique comprend une couche intermédiaire isolante entre la couche accumulatrice de chaleur et la couche pare-vapeur. Ce mode d'exécution préféré comprend donc 5 couches successives.

De préférence, le matériau composite anti-thermique comprend en option, pour les applications "hautes températures" deux couches anti-rayonnement supplémentaires, de part et d'autre de l'accumulateur de chaleur, c'est-à-dire, entre la couche isolante externe et l'accumulateur de chaleur et entre celui-ci et la couche interne. Ces couches sont constituées d'une ou plusieurs feuilles réflectrices en aluminium (ou en un autre métal à faible pouvoir émissif), séparées par un milieu isolant. Ce mode d'exécution préféré comprend donc 7 couches successives.

La couche pare-vapeur peut être très fine, comprise entre 1/100 et 1/10mm. Les couches anti-rayonnement ont une épaisseur de un à quelques dixièmes de millimètres. Les autres couches ont typiquement 1-2 mm d'épaisseur. L'ensemble du sandwich multicouches qui constitue le matériau selon l'invention peut donc avoir une épaisseur comprise entre 4 et 8mm.

L'invention sera mieux comprise de l'homme du métier grâce à la description détaillée des propriétés de la couche accumulatrice de chaleur et de la couche pare-vapeur, et de la description de modes de réalisation du matériau composite selon l'invention, illustrées par les figures accompagnantes, parmi lesquelles

- la figure 1 est une vue schématique en coupe transversale d'un matériau composite selon l'invention ;

- la figure 2 est un schéma illustrant le positionnement de la couche pare-vapeur ;

- la figure 3 est une vue schématique d'un dispositif de tests de laboratoire ;

5           - la figure 4 est un graphique montrant l'élévation de température en fonction du temps de la face intérieure du matériau selon l'invention, dans trois de ses différents modes d'exécution. La courbe en trait fort est relative à un matériau de 4mm d'épaisseur dans le mode d'exécution en  
10   4 couches, dont l'accumulateur de chaleur est constitué d'une cotte de maille en acier inoxydable de masse surfacique égale à  $5\text{kg/m}^2$ . Les deux autres courbes sont relatives à des matériaux constitués des mêmes couches interne et externe mais dans lesquelles les accumulateurs  
15   de chaleur, réalisés à partir de tricots métalliques, comportent un écran réflecteur et sont séparés des couches externe et interne par des couches anti-rayonnement. La courbe en trait discontinu est relative à un matériau de  
20   4,5 mm d'épaisseur comportant un accumulateur en cuivre de  $680\text{ g/m}^2$ . La courbe en trait mixte est relative à un matériau de 6,5 mm d'épaisseur comportant un accumulateur de chaleur en acier inoxydable de  $1,2\text{ kg/m}^2$ .

          - la figure 5 est un graphique montrant l'élévation de température en fonction du temps sur la face intérieure  
25   d'un matériau selon l'art antérieur ;

          - la figure 6 est un graphique montrant l'élévation de température de la même face en fonction du temps pour une variante d'exécution d'un matériau selon l'invention (figure 6b) et un matériau de comparaison (figure 6a)  
30   comprenant les mêmes composants mais sans pare-vapeur.

          - la figure 7 montre schématiquement un matériau avec un accumulateur de chaleur en parfait contact avec les couches adjacentes. Les lignes de flux et les isothermes

sont respectivement perpendiculaires et parallèles aux surfaces du matériau.

- la figure 8 montre schématiquement un matériau avec un accumulateur de chaleur constitué de bandes  
5 métalliques parallèles, ainsi que les lignes de flux et les isothermes dans ce matériau.

- les figures 9a, 9b, 9c illustrent les calculs exposés ci-dessous et comparent qualitativement les  
comportements thermiques de 3 matériaux, de structures et  
10 d'épaisseurs différentes.

Le matériau composite montré par la partie basse de la figure 1 dans une version sans couches anti-rayonnement, est constitué par la superposition de 5 couches : pour les  
15 applications "hautes températures", la couche externe (1) est constituée d'un tissu isolant de fibres réfractaires. Des textiles de fibres minérales réfractaires, supportant des températures  $> 1000^{\circ}\text{C}$  sont actuellement disponibles dans le commerce, par exemple les tissus "Zetex" (marque  
20 déposée).

La couche accumulatrice de chaleur (2) est faite d'une structure douée d'une grande inertie thermique, capable de résister, pour les applications "hautes  
25 températures" à des températures au moins de l'ordre de la moitié de la différence des températures des surfaces externes et internes du matériau composite lorsque celui-ci est en contact avec l'objet chaud. Les tissus, les tricots, les non-tissés métalliques ou les cottes de mailles  
30 métalliques, par exemple en cuivre ou en acier inoxydable, répondent à cette condition et sont disponibles dans le commerce.



La couche intermédiaire (3) est constituée d'un textile thermiquement isolant, douée, pour les applications "hautes températures", d'une bonne tenue en température. Selon l'application visée, la couche intermédiaire (3) peut être réalisée à partir d'un textile réfractaire si la température de l'accumulateur risque de dépasser 300°C, à partir d'un textile conventionnel de fibres synthétiques jusqu'à des températures de l'ordre de 300°C ou en coton jusqu'à des températures de 150°C. On peut citer à titre d'exemple le tissu Kermel (marque déposée de Rhône-Poulenc).

La couche pare-vapeur (4) est une paroi mince et souple, étanche à la vapeur, c'est-à-dire à la vapeur d'eau et aux produits de dégradation gazeux. Elle peut être réalisée par une feuille d'aluminium ou tout autre métal ductile, un film de matériau synthétique thermorésistant ou par métallisation d'une des couches (3) ou (5).

La couche interne (5) est constituée d'un tissu thermiquement isolant, choisi parmi les garnitures internes connues des gants anti-thermiques du commerce, tels que des tissés ou des non tissés en fibres synthétiques ou en coton.

La couche accumulatrice peut être entourée de 2 couches anti-rayonnement (6, 7), comme l'illustre également la figure 1, dans sa partie haute.

Les transferts de chaleur dont le matériau est le siège sont décrits ci-dessous dans le cas d'un contact avec une pièce chaude. Cette description reste valable dans le cas d'un contact avec une pièce froide, à condition de changer le signe du flux de chaleur.

Dès que la surface extérieure est mise en contact avec une pièce portée à haute température, un flux de chaleur intense s'écoule depuis celle-ci, à travers la couche externe, vers la couche accumulatrice de chaleur qui en absorbe une grande partie et s'échauffe. Le flux restant, sortant de la couche accumulatrice de chaleur, très inférieur au flux incident par le choix du matériau de la couche accumulatrice, traverse les couches 3 à 5 et provoque l'échauffement de la peau au contact avec cette dernière couche. Deux manipulations types peuvent être envisagées, lorsque le contact avec la pièce chaude cesse : dans la première, le gant est aussitôt ôté. La température maximale de la peau est atteinte à l'instant où cesse le contact avec la pièce. Dans la seconde, le contact avec la pièce chaude est remplacé par le contact avec une pièce à température ambiante. Le flux, dans la couche externe (1) s'inverse tandis que celui dans les couches (3) à (5) passe par un maximum puis décroît, de sorte que, comme le montre la figure 9c, pendant un certain temps, la température de la peau continue de s'accroître, passe par un maximum puis décroît.

Il a été constaté expérimentalement que l'allure des phénomènes dépend fortement de la densité effective de la couche accumulatrice, de sa structure et des épaisseurs des différentes couches. Pour optimiser un matériau anti-thermique pour une application donnée, il est nécessaire de connaître l'influence de ces paramètres sur le comportement thermique de ce matériau. Celle-ci peut être appréhendée en comparant qualitativement les comportements thermiques de deux configurations extrêmes de la couche accumulatrice de chaleur : celle notée I dans laquelle les fils ou autres éléments de matériau constituant l'accumulateur de chaleur,

par exemple les mailles, dans le cas d'une cotte de maille, sont suffisamment serrés pour que le comportement thermique de l'accumulateur puisse être assimilé à celui d'une plaque homogène d'épaisseur constante ; celle notée II, dans laquelle l'accumulateur de chaleur est constitué de bandes conductrices parallèles de sections rectangulaires de largeur  $2 l$ , espacées d'une distance  $2 L$  très supérieure à  $2 l$ . Dans ces deux configurations, l'accumulateur de chaleur, d'épaisseur  $h$ , est placé entre deux couches ou ensemble de couches, qui correspondent, par exemple, à la couche 1 et à l'ensemble des couches 3 à 5 de la figure 1. La section rectangulaire des bandes de l'accumulateur de chaleur de la configuration II est choisie par commodité dans l'exposé qui suit, mais ne limite en rien la section des fils métalliques qui est retenue dans la réalisation pratique du matériau selon l'invention.

Dans la configuration I, illustrée par la figure 7, l'accumulateur peut être divisé par la pensée, en éléments de largeur  $2 l$ , chacun d'eux constituant un tube de flux. Dans la configuration II, illustrée figure 8, le flux tend à s'écouler dans les bandes de l'accumulateur, de conductibilité beaucoup plus élevée que celle de l'air compris entre ces bandes. Cette figure représente les lignes de flux fléchées et les isothermes en régime permanent.

Avec les notations suivantes :

$t$  = le temps  
 $\Delta t$  = la durée de contact avec la pièce chaude  
 $P_s$  = la masse surfacique de l'accumulateur  
 $C$  = la chaleur spécifique de l'accumulateur  
 $K_1$  = la conductance thermique de la couche (1)

$K_{35}$  = la conductance thermique de l'ensemble des couches (3-5).

$K$  = la conductance thermique de l'assemblage des couches 1 et 3-5 qui serait obtenue si ces couches étaient mises en contact thermique parfait

$\delta$  = l'épaisseur de la couche (1) et celle, supposée identique pour la simplicité de l'exposé, de la couche (3-5)

$X_j$  = ( $j = I, II$ ), un nombre fonction de  $L/\delta$  et  $1/\delta$  dont l'expression peut être établie mathématiquement à partir des données de la figure 114 du document suivant : SCHNEIDER P.J. "Conduction" in ROHSENOW, W.M., HARTNETT J.P. et GANIC E.N. Handbook of Heat Transfer Fundamentals, 2e ed. New-York, McGraw Hill, 1985, Ch 4

$v$  = la différence entre la température de la pièce chaude et celle de la peau

$t_{M,j}$  = l'instant où la température de la peau est maximale dans la configuration  $j$ .

Si l'on se place dans les hypothèses suivantes :

- l'accumulateur de chaleur est isotherme,
- les diffusivités thermiques des couches (1) et (3-5) sont négligeables,

- la durée d'exposition à la chaleur et le temps écoulé entre le début de cette exposition et l'instant  $t_{M,j}$  sont très inférieurs à la constante de temps du matériau anti-thermique,  $T_j$  ( $j = I, II$ ), définie par la relation :

$$T_j = (X_j \text{ Ps } C) / (K_1 + K_{35}) \quad (1)$$

On démontre alors qu'en première approximation, la densité moyenne de flux sur la peau,  $F_I(t)$  dans la configuration I et celle,  $F_{II}(t)$ , du flux passant

uniquement par les bandes de l'accumulateur dans la configuration II, s'expriment par les relations :

pour  $t \leq \Delta t$  :

$$F_I(t) = K v t / T_I \quad (2)$$

$$F_{II}(t) = Z F_I(t) \quad (3)$$

pour  $t > \Delta t$  :

$$F_j(t) = F_j(\Delta t) [1 - (t - \Delta t) / T_j], \text{ avec } j=I, II \quad (4)$$

avec

$$Z = 1 / (L X_{II}^2)$$

On démontre également ce qui suit :

. A valeur de K, et à couche accumulatrice données, la solution optimale est obtenue lorsque les conductances des couches 1 et de l'ensemble des couches (3-5) sont égales. Cette condition s'écrit :

$$K_1 = K_{35} = 2K$$

.  $X_{II}$  est toujours inférieur à l'unité, et  $X_I = 1$  ;

. Il s'en déduit que Z est supérieur ou inférieur à 1 selon le choix des paramètres l, L et  $\delta$  ;

La figure 9a représente des variations possibles de  $F_I$  et  $F_{II}$  dans le cas où  $Z < 1$ . On constate sur cette figure que  $F_{II}$  peut être rendu nettement inférieur à  $F_I$  par un choix convenable des paramètres l, L et  $\delta$ .

Une fois exploitées, les équations ci-dessus et la figure 9a montrent tout le parti qui peut être tiré d'un contact thermique discontinu de l'accumulateur de chaleur avec les couches adjacentes, lorsque les surfaces de contact effectives de l'accumulateur avec ces couches adjacentes sont faibles par rapport aux surfaces totales. Ce type d'accumulateurs de chaleur est appelé, dans la

suite de ce texte, accumulateurs de chaleur ajourés. Une telle situation se présente en pratique lorsque l'accumulateur de chaleur est constitué d'une nappe (ou de plusieurs nappes) suffisamment lâches de fils métalliques tricotés.

5

Cependant, dans les accumulateurs ajourés, au flux  $F_{II}$  s'ajoute un flux additionnel  $F_a$  qui ne passe pas par le métal de l'accumulateur ( $F_a$  est nul dans la configuration I). En première approximation, le flux de densité  $F_a$  s'établit instantanément avec l'exposition à la chaleur, garde ensuite une valeur approximativement constante, et cesse avec l'exposition à l'objet chaud. La figure 9b illustre schématiquement les flux totaux  $F_{II} + F_a$  dans deux configurations de type II, notées  $II_1$  et  $II_2$ , avec respectivement une composante  $F_a = F_{a1}$  importante et une composante  $F_a = F_{a2}$  faible. Sur cette figure 9b, la composante  $F_{II}$  est reprise de la figure 9a, et la valeur comparative de  $F_I$  est reportée en trait tireté. On constate

10

15

20

que si  $F_a$  est trop important, le flux total  $F_{II} + F_a$  peut être supérieur à  $F_I$ .

A température de face chaude donnée, ce flux  $F_a$  tend à augmenter lorsque l'épaisseur totale du matériau diminue.

25

Pour les valeurs de la température d'objet chaud supérieures à  $400^\circ\text{C}$ , il devient très intéressant de réduire ce transfert  $F_a$  par l'interposition d'écrans réfléchissants, c'est-à-dire de couches anti-rayonnement, entre les couches (1) et (3-5). Le nombre d'écrans à placer résulte d'un compromis entre les performances souhaitées et le coût de revient du matériau.

30

La figure 9c représente les variations de la température  $\Delta v$  de la peau en fonction du temps qui serait obtenue dans trois cas, à savoir une configuration de type I et deux configurations de type  $II_1$  et  $II_2$ . Dans le cas de la configuration  $II_1$  à valeur de  $F_a$  élevée, la température de la peau monte plus rapidement que dans le cas de la configuration I (puisque la densité de flux reçue par la peau est plus faible dans le cas I que dans celui de la configuration  $II_1$ ), mais la température tend à redescendre plus tôt et plus rapidement du fait que la densité de flux dans la partie descendante des courbes est plus faible cette fois dans le cas de la configuration  $II_1$  que dans celui de la configuration I. Dans le cas de la configuration  $II_2$  à faible valeur de  $F_a$ , la vitesse de montée de la température de la peau est du même ordre que celle obtenue avec le matériau de configuration I, pendant la phase d'exposition à la chaleur, puisque les densités de flux le sont aussi, mais la température de la peau baisse plus tôt et plus vite dans le cas du matériau de configuration  $II_2$  pour les mêmes raisons que celles mentionnées précédemment.

Ces phénomènes sont parfaitement illustrés par la figure 4 qui représente des enregistrements d'élévations de température de la peau en fonction du temps dans trois cas de matériaux. Le matériau incorporant une cote de maille (courbe en trait fort) est assez proche d'une configuration de type I. Les deux autres matériaux relèvent de la configuration de type II, la courbe en trait discontinu étant relative à un matériau de 4,5 mm d'épaisseur (configuration de type  $II_1$ ) et celle en trait mixte, à un matériau de 6,5 mm d'épaisseur (configuration de type  $II_2$ ).

En diminuant les épaisseurs des différentes couches, on tend à diminuer la constante de temps du matériau anti-thermique et à augmenter le flux de conduction de densité  $F_a$ . Les performances thermiques du matériau tendent à décroître. En revanche, l'utilisation de matériaux peu épais rend possible la réalisation de produits économiques qui permettent d'obtenir dans le cas des gants, une bonne dextérité. L'optimisation du produit final revient à minimiser l'épaisseur globale du matériau pour des performances techniques données du matériau protecteur.

Pour ce faire, le recours à l'expérimentation est nécessaire ; celle-ci est simplifiée par la connaissance des équations ci-dessus. Elles indiquent l'influence des différents facteurs en jeu et permettent d'approcher les conditions optimales. La détermination de celles-ci est affinée par le recours à l'expérimentation.

Du fait de l'humidité de l'atmosphère, de l'eau est naturellement présente dans le matériau composite. Sous l'effet de la chaleur, l'eau contenue dans les zones les plus à l'extérieur est libérée sous forme de vapeur. A cette libération de vapeur d'eau s'ajoute souvent, surtout aux températures élevées, des produits de dégradation sous forme gazeuse.

Dans la figure 2, on désigne par A la zone où la température est supérieure à  $100^{\circ}\text{C}$  et par B, la zone où la température est inférieure à  $100^{\circ}\text{C}$ . En l'absence de couche pare-vapeur, la vapeur libérée dans la zone A et les produits de dégradation éventuels diffusent dans la zone B à l'échauffement de laquelle ils contribuent par transfert de masses. En outre, la vapeur d'eau s'y condense en



abandonnant sa chaleur latente et en provoquant, par humidification, l'augmentation de la conductance thermique de cette zone.

5           Ce phénomène indésirable peut être empêché en placant une barrière (4) étanche à la vapeur d'eau et aux gaz, de préférence le plus près possible de la position de l'isotherme 100°C. Cependant, la position de cette isotherme varie en fonction du temps, lorsque le matériau composite a été placé en contact avec un objet chaud  
10 extérieur. On a trouvé que la position la plus avantageuse est celle de l'isotherme 100°C au temps correspondant à la durée du contact avec l'objet chaud. Lorsque  $t$  est inférieur à  $\Delta t$ , une certaine condensation peut se produire  
15 dans la zone dont la température est temporairement inférieure à 100°C, mais le condensat sera de nouveau vaporisé lorsque la température de cette portion de zone s'élèvera au-dessus de 100°C.

20           Dans le cas d'une utilisation visant la protection contre le froid, la vapeur d'eau au niveau de la face interne du matériau qui est maintenant la face chaude, diffuse au travers du matériau vers la face externe qui est maintenant la face froide. Cette vapeur d'eau se condense  
25 au sein du matériau lorsqu'elle franchit la surface isotherme correspondant au point de rosée. Pour être efficace, le pare-vapeur doit être placé dans la zone du matériau où la température est supérieure à ce point de rosée. A titre d'exemple, pour une température de la face  
30 interne du matériau de 30°C et une humidité relative de 80 %, le point de rosée est de 26°C.

Exemple 1 : matériau composite à 4 couches

La couche externe est réalisée en tissu réfractaire Zetex (marque déposée) 36 20 11 201-36 20 type 1100 écru, d'une épaisseur de 1,4 mm. La couche accumulatrice de chaleur est constituée d'une cotte de maille en acier inoxydable d'une épaisseur de 1,6 mm, ayant une masse surfacique de 5 kg/m<sup>2</sup> fabriqué par la société FOIN ; une couche interne est constituée de tissu de Kevlar (marque déposée) aluminisé, d'une épaisseur de 1 mm ; la pellicule d'aluminium qui constitue la couche pare-vapeur étanche se trouve au contact de la cotte de maille. L'épaisseur totale du matériau est de 4 mm.

Exemple 2 : Matériau constitué de 5 couches

La couche externe de Zetex et la cotte de maille sont identiques à celles de l'exemple 1. A l'intérieur de celles-ci se trouvent deux couches de feutre utilisées comme doublure interne dans des gants anti-chaleur du commerce. Entre les deux couches de feutre se trouve une feuille d'aluminium de 0,01 mm d'épaisseur.

Exemple 3 : matériau constitué de 7 couches dont une couche accumulatrice de chaleur tricotée en fils d'acier inoxydable + un écran réflecteur.

La couche externe de Zetex est identique à celles des exemples 1 et 2. l'accumulateur de chaleur est constitué d'un tricot de fils d'acier inoxydable de 0,2 mm de diamètre, disponible chez la société GERVOIS, plié en quatre. La masse surfacique de l'accumulateur ainsi réalisé est de 1,2kg/m<sup>2</sup>. Une feuille d'aluminium de 0,01mm est placée dans le plan moyen de cet accumulateur de chaleur.

La couche interne est constituée d'un tissu de Kevlar aluminisé de 1 mm d'épaisseur, la face aluminisée

étant tournée vers l'accumulateur de chaleur. Une couche anti-rayonnement est intercalée entre la couche externe et l'accumulateur de chaleur et une autre entre celui-ci et la couche interne. Ces couches anti-rayonnement sont constituées de feuilles d'aluminium de 0,01 mm d'épaisseur, finement froissées de sorte que leur surface est rendue irrégulière et présente diverses orientations locales, puis pliées en deux. L'épaisseur totale du matériau est de 6,5 mm.

10

Exemple 4 : matériau constitué de 7 couches dont une couche accumulatrice de chaleur tricotée en fils de cuivre + un écran réflecteur

15

La constitution de ce matériau est similaire à celle de l'exemple 3, la couche accumulatrice de chaleur tricotée en fils d'acier inoxydable étant remplacée par une couche accumulatrice de chaleur de 0,68 kg/m<sup>2</sup> formée d'une manchette tricotée en fils de cuivre de 0,05 mm x 0,5 mm disponible chez la société GERVOIS. L'épaisseur totale de ce matériau est de 4,5 mm.

20

Exemple 5 : mesure de l'accroissement de la température du côté intérieur du matériau en fonction du temps

25

Le dispositif de mesures est représenté sur la figure 3. Il comprend un cylindre (11) de nylon, pour simuler une zone de peau humaine, posé sur un support (13), comportant sur sa face supérieure un thermocouple pelliculaire (12) ; une feuille du matériau composite dont on veut mesurer les performances, est placée sur le cylindre (11) simulant la peau. Le dispositif comprend également un cylindre d'acier inoxydable de 1 kg (14) qui

30

peut être porté à haute température et un bloc de refroidissement en acier (15) de 2 kg. Un capteur d'efforts (16) placé sous le bloc de nylon détecte et mesure le temps pendant lequel respectivement le bloc (14) et le bloc (15) appuient sur l'échantillon de matériau composite.

L'essai se déroule de la manière suivante : à l'instant "0", le cylindre chauffé est placé sur l'échantillon, au bout d'un temps  $\Delta t$  il est remplacé aussi vite que possible par le bloc (15) de refroidissement. Le capteur de forces permet de connaître la durée et la force du contact de l'échantillon avec le cylindre chaud et le thermocouple permet d'enregistrer l'évolution de la température sur la face interne de l'échantillon de matériau composite.

La figure 4 montre un exemple de variations thermiques obtenue avec trois matériaux selon l'invention sous l'effet d'un contact d'une durée de 5s avec un bloc d'acier chauffé à 600°C, sous une pression de  $4,1 \times 10^3$  Pascals, suivi d'un contact avec le bloc d'acier à température ambiante, sous une pression de  $5,1.10^3$  Pascals. Les courbes en traits continus, mixtes et discontinus sont relatives aux matériaux respectivement conformes aux exemples 1, 3 et 4. Cette figure illustre l'intérêt des accumulateurs de chaleur ajourés. A épaisseurs sensiblement identiques des matériaux, l'élévation de la température de la peau atteint sensiblement la même valeur maximale, que le matériau soit muni d'une cotte de maille en acier inoxydable de masse surfacique égale à 5 kg/m<sup>2</sup> ou d'un accumulateur de chaleur en fils de cuivre tricotés de masse surfacique égale à 0,68 kg/m<sup>2</sup>. Dans ce dernier cas, la température monte plus vite, mais décroît aussi plus rapidement, ce qui constitue le principal avantage de cette

variante. Des performances nettement plus élevées sont obtenues sur le matériau de 6,5 mm d'épaisseur, muni d'un accumulateur de chaleur en fils d'acier inoxydable tricoté, de masse surfacique égale à 1,2 kg/m<sup>2</sup>.

5

La figure 5 montre la variation thermique en fonction du temps, dans les mêmes conditions opératoires, de la face interne d'un matériau composite sans couche accumulatrice de chaleur, les autres couches étant identiques au matériau de l'exemple 1. Les cercles sur les courbes des figures 4 et 5 indiquent l'instant où le bloc chauffé est appliqué puis enlevé.

10

Le tableau 1 montre les performances comparées du matériau composite selon l'invention de l'exemple 1 par rapport au matériau ne comportant pas la couche accumulatrice de chaleur, les autres couches étant identiques.

20

Tableau 1 :

Mesures d'échauffement	Matériau avec accumulateur	Matériau sans accumulateur
Elevation maximum de la température de la peau (°C)	7,4	26,4
$t_M$ (s)	29	14
Max $(dv_m/dt)$ (°C/s)	0,56	3,54

Ces résultats montrent que l'accumulateur de chaleur divise la vitesse de montée de la température par 6, l'élévation maximale de température par 3,6 et qu'il double la valeur de  $t_M$ .

Ces résultats montrent que pour une peau humaine placée dans les mêmes conditions, sans accumulateur, le seuil de douleur est largement dépassé ; la valeur de l'élévation de température et sa durée conduirait à une brûlure du second degré. Par contre, avec l'accumulateur de chaleur en cote de maille, l'élévation maximum de température est à peine plus de la moitié de celle qui conduirait au seuil de douleur de la peau.

Exemple 6 : Effet du pare-vapeur sur la variation thermique de la face interne du matériau selon l'invention

On compare les performances d'un matériau composite selon l'exemple 2 avec celles d'un matériau composite ne comportant pas la feuille d'aluminium entre les 2 couches de feutre. Le protocole expérimental est le même que dans l'exemple 3. La figure 6 montre les courbes d'élévation thermique obtenues

a) en l'absence d'une feuille d'aluminium entre les deux couches de feutre.

b) en présence d'une feuille d'aluminium de 1/100 mm d'épaisseur.

On constate que la présence de la couche pare-vapeur divise par deux l'élévation maximum de température.

Exemple 7 :

On réalise une moufle constituée d'un matériau comprenant, de l'extérieur vers l'intérieur les couches  
5 suivantes :

- une enveloppe en Zetex de 1,4 mm d'épaisseur ;
- une cotte de maille de 1,6 mm d'épaisseur, pesant 5 kg par mètre carré, disponible chez la société GERVOIS ;
- deux couches de Kevlar aluminisées sur une face,  
10 de 1 mm d'épaisseur chacune, les faces aluminisées de l'une et de l'autre des couches étant mises en contact, formant ainsi un ensemble couche intermédiaire/pare-vapeur/couche interne.

15 Un opérateur équipé de cette moufle est capable de transporter sans difficultés un objet métallique cylindrique de 2 kg d'une table à une autre, distante de 3m.

20 Les performances anti-thermiques de cette moufle selon l'invention sont comparées à celles d'une moufle du commerce de 1cm d'épaisseur totale (fabriquée par Zetex) comprenant une couche externe en Zetex de 1,4 mm d'épaisseur et un garnissage intérieur de tissu de 8,6 mm  
25 d'épaisseur :

Un bloc de 1 kg d'acier chauffé à 600°C est posé sur la main gantée d'un opérateur pendant une durée  $t_1$  déterminée. La paume chauffée de la moufle est ensuite  
30 posée sur un bloc d'acier de 2 kg conservé à température ambiante. Ce dernier contact est maintenu pendant une durée  $t_2$ . Les résultats de l'essai comparatif sont indiqués dans le tableau n°2.

Tableau n°2 :

	t1 (secondes)	t2 (secondes)	Observations
Moufle selon l'invention	22	$\infty$	Le seuil de douleur n'est pas atteint
Moufle Zetex	13	3	Le seuil de douleur est rapidement franchi à l'issue du temps t2

5 En conclusion, on constate que l'incorporation d'un  
accumulateur métallique sous forme de cotte de maille, de  
tissé ou de non-tissé métallique au gant de protection  
contre la chaleur ou le froid accroît considérablement leur  
performance en régime thermique transitoire, tel qu'il se  
produit lors de la manipulation de pièces chaudes ou  
10 froides pendant une courte durée.

Bien entendu, l'opérateur ne tire le plein bénéfice  
de la manipulation avec un même gant selon l'invention que  
si le temps entre deux manipulations successives est  
15 suffisant pour permettre à la chaleur ou au froid accumulés  
dans le gant de s'évacuer.

Dans les applications "hautes températures", le  
pare-vapeur empêche la vapeur d'eau et les gaz chauds de  
parvenir dans les couches froides internes, et notamment la  
20 condensation de la vapeur d'eau et la perte d'isolation  
subséquente. Dans les applications "basses températures",  
il empêche la diffusion et la condensation de la vapeur  
d'eau dans les zones froides.



Avec certains tissus qui absorbent fortement la vapeur d'eau et la libèrent facilement sous l'effet de la chaleur, le gain apporté par ce pare-vapeur peut être  
5 considérable ; cependant, avec d'autres tissus, non-absorbant ou pratiquement étanches, le gain apporté par le pare-vapeur est moindre.

Le matériau selon l'invention a été développé  
10 essentiellement dans le but de fabriquer un gant destiné à la manipulation volontaire d'objets très chauds. L'homme du métier comprendra facilement que ce matériau peut être utilisé dans d'autres applications, sans sortir du cadre de la présente invention : un tel matériau peut être  
15 utilisé pour fabriquer d'autres équipements de protection individuels, notamment des casques, des pièces de vêtements de protection, par exemple des tabliers, des manches, des produits chaussants, parties de chaussures telles que semelles, dessus, bouts, des guêtres, etc destinées à  
20 protéger une portion du corps humain contre le contact accidentel avec un objet très chaud ou très froid.

## REVENDICATIONS

1. Matériau composite anti-thermique caractérisé en ce qu'il comprend, de l'extérieur vers l'intérieur, au moins une couche isolante externe (1), une couche accumulatrice (2) de chaleur, une couche pare-vapeur (4) constituée d'un matériau étanche à la vapeur et aux produits de dégradation gazeux, une couche interne (5) constituée d'un tissu isolant interne.

10

2. Matériau selon la revendication 1, caractérisé en ce que la dite couche accumulatrice (2) est une couche ajourée.

15

3. Matériau composite selon l'une des revendications 1-2, caractérisé en ce que le matériau de ladite couche accumulatrice (2) de chaleur est choisi parmi les tissus métalliques, les non-tissés métalliques et les cottes de mailles métalliques.

20

4. Matériau composite selon l'une des revendications 1-3, caractérisé en ce que ladite couche isolante externe est constituée d'un textile choisi parmi les textiles de fibres minérales réfractaires.

25

5. Matériau composite selon l'une des revendications 1-4, caractérisé en ce qu'il comprend une couche intermédiaire (3) isolante entre ladite couche accumulatrice (2) et ladite couche pare-vapeur (4).

30

6. Matériau composite selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite couche intermédiaire (3) est constituée d'un textile choisi parmi les textiles

réfractaires, les textiles de fibres synthétiques et les textiles de coton.

5 7. Matériau selon l'une des revendications 1-6, caractérisé en ce qu'il comprend de plus au moins deux couches anti-rayonnement, disposées de part et d'autre de la couche accumulatrice de chaleur.

10 8. Matériau selon la revendication 7, caractérisé en ce que les dites couches anti-rayonnement sont constituées soit de feuilles d'aluminium, soit d'une pluralité de feuilles d'aluminium séparées par un milieu isolant, soit d'une pluralité de feuilles d'aluminium froissées.

15 9. Matériau selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que au moins un écran intermédiaire est placé au sein de ladite couche accumulatrice de chaleur.

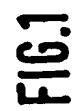
20 10. Matériau composite selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la conductance thermique  $K_1$  de ladite couche externe (1) est substantiellement égale à la conductance thermique  $K_{35}$  de ladite couche intermédiaire (3) à ladite couche interne (5).

30 11. Matériau composite selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche pare-vapeur (4) est une paroi mince et souple, dont la position dans le matériau coïncide substantiellement avec celle atteinte par l'isotherme 100°C à la fin du contact entre ledit matériau composite et un objet chaud.

12. Gant de protection anti-thermique, caractérisé en ce qu'au moins le côté paume est constitué d'un matériau composite selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

5 13. Chaussure de protection anti-thermique, caractérisée en ce que au moins une partie de la dite chaussure est constituée d'un matériau composite selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

10 14. Vêtement de protection anti-thermique, caractérisé en ce que au moins une partie dudit vêtement est constitué d'un matériau composite selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.



2/7

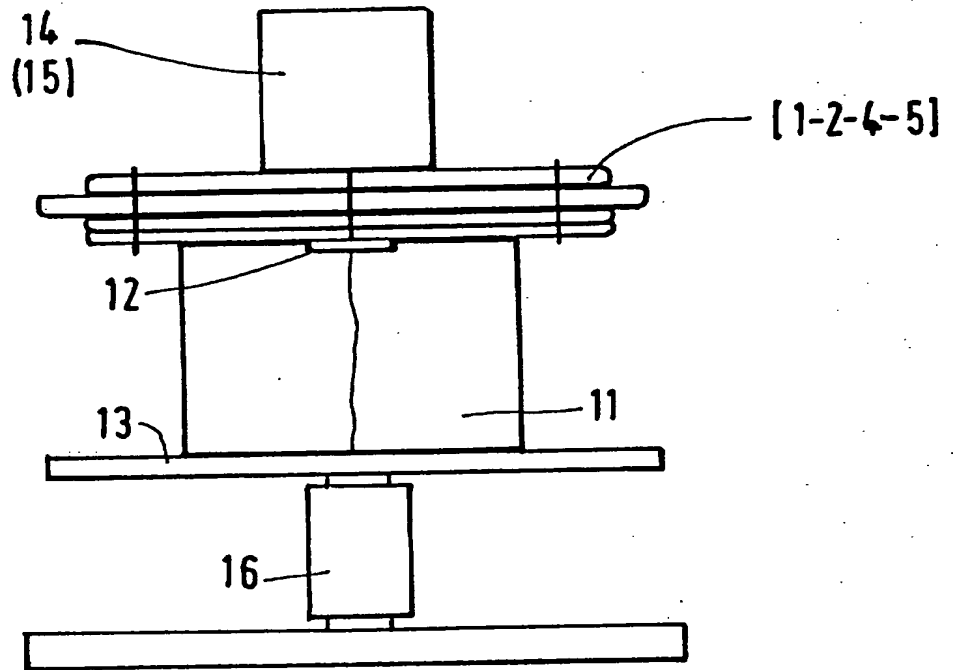


FIG. 3

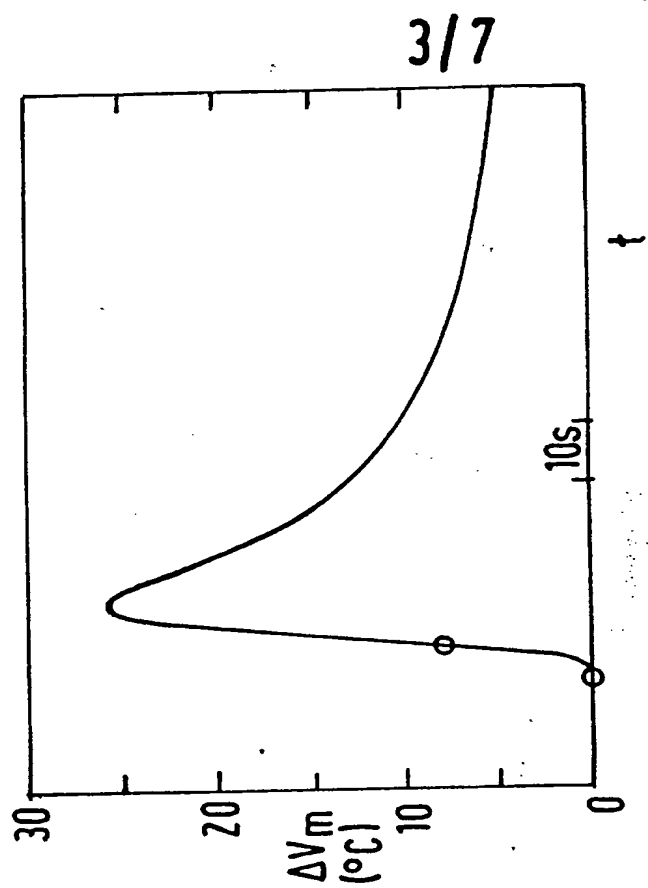


FIG. 5

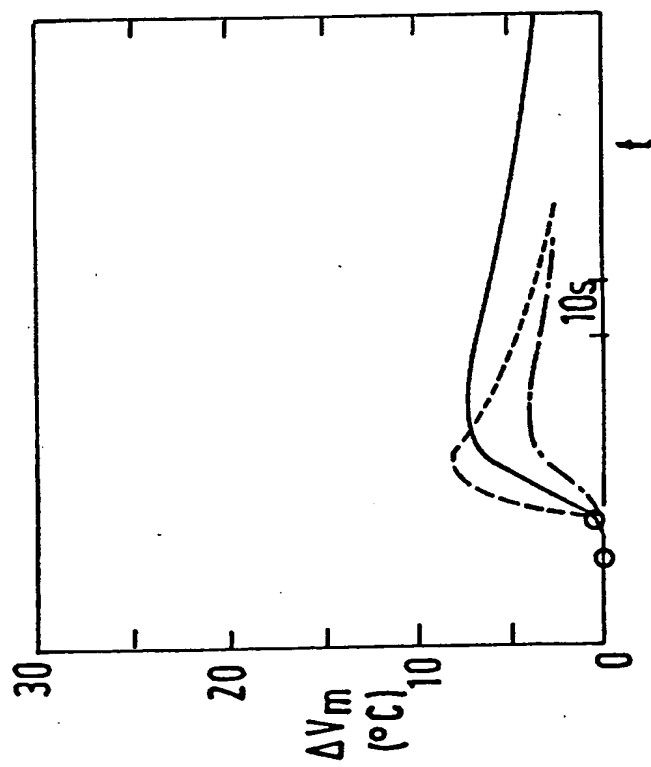


FIG. 4

4/7

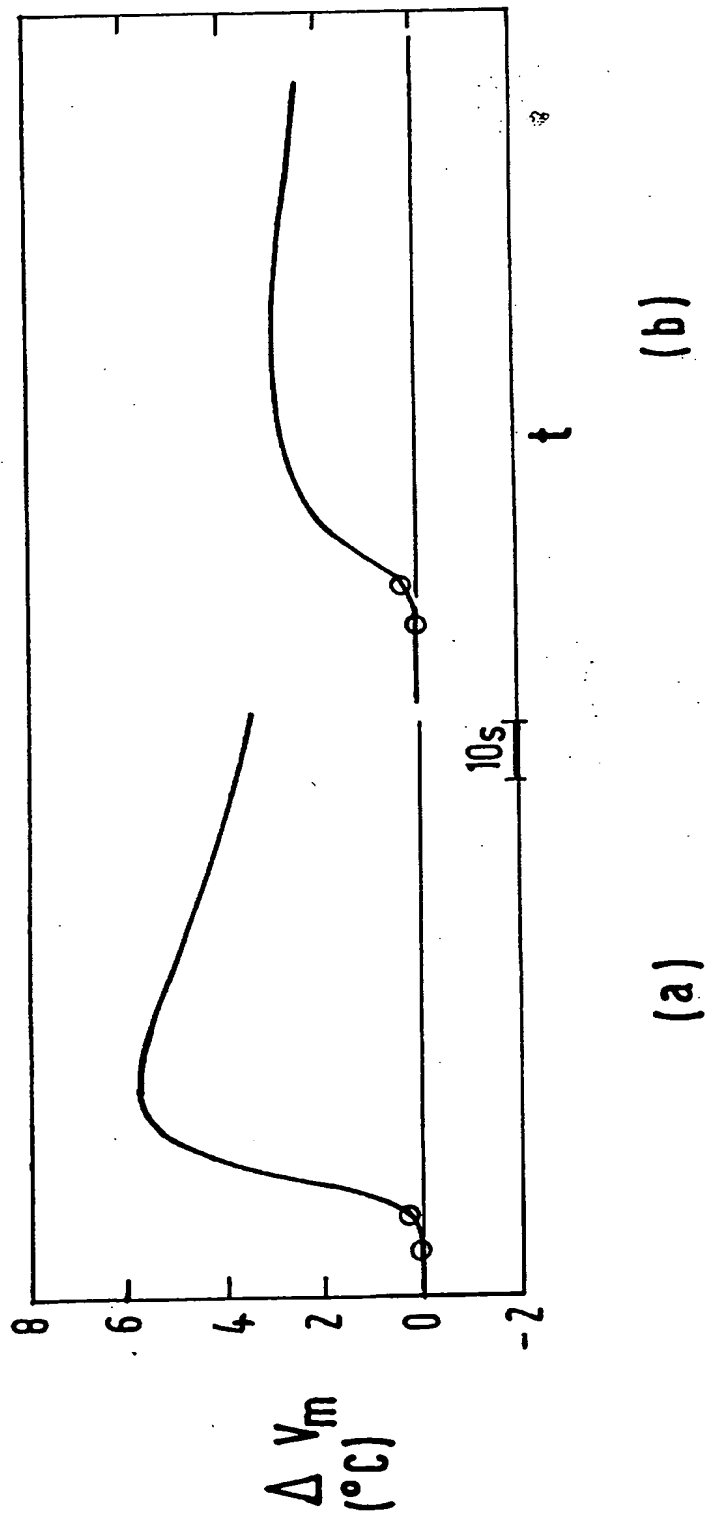


FIG. 6



5/7

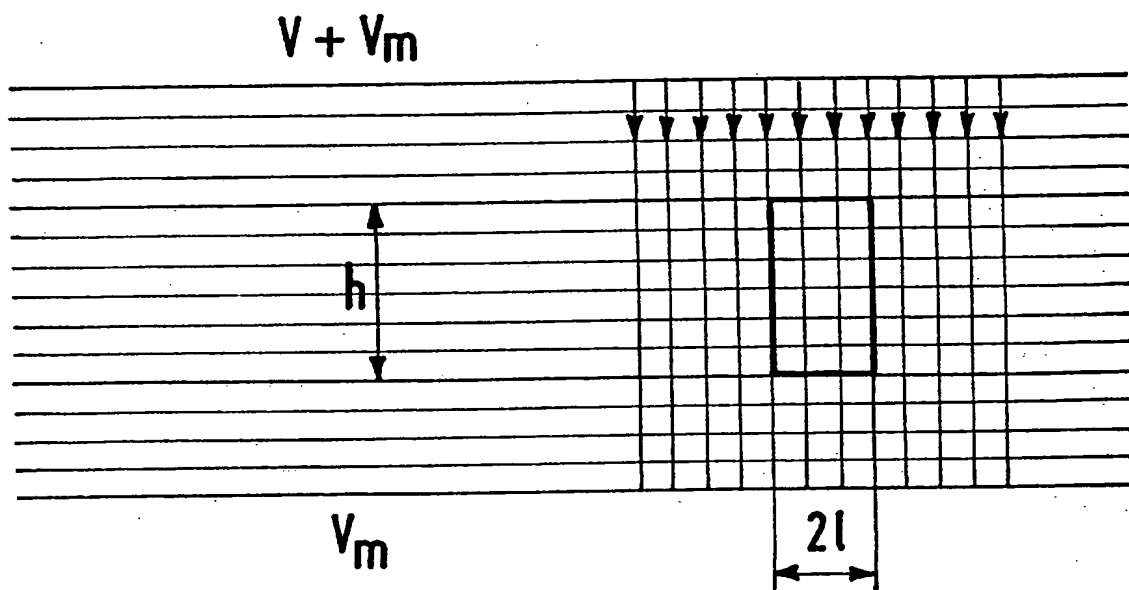


FIG.7

6/7

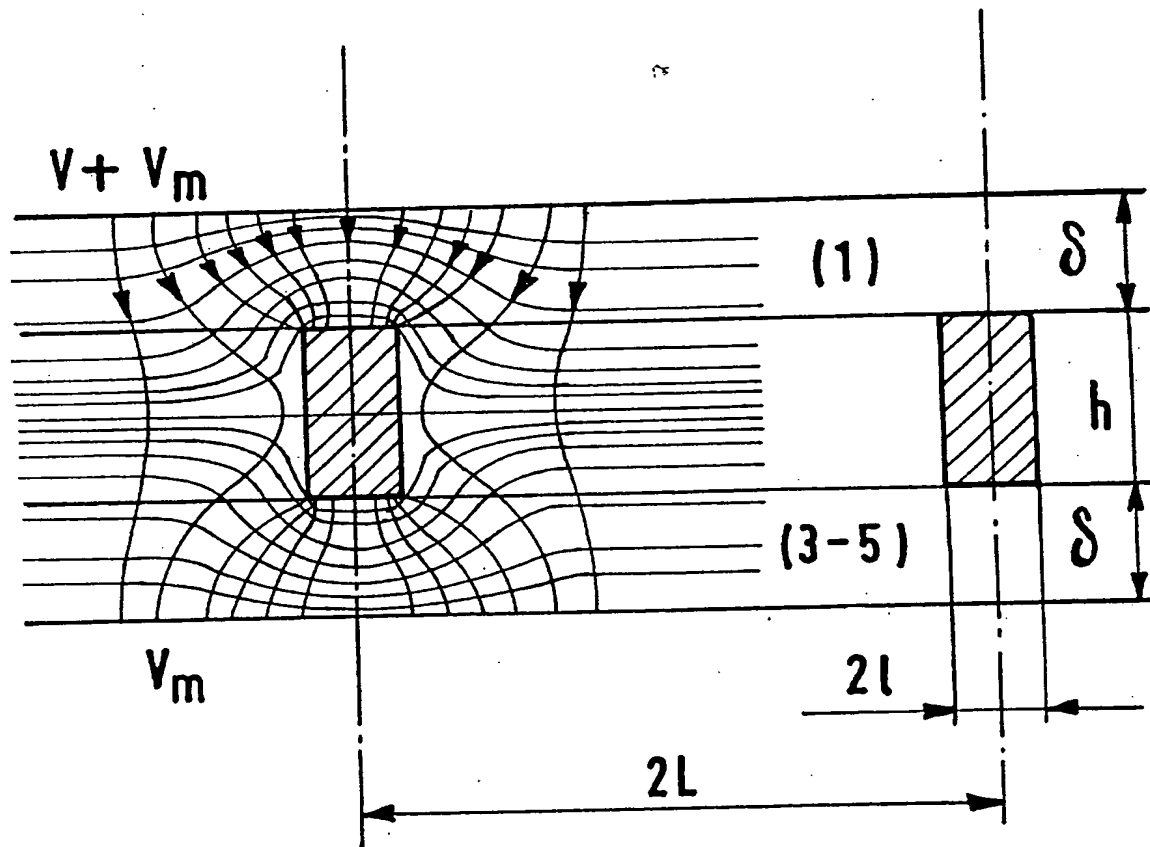


FIG. 8

7/7

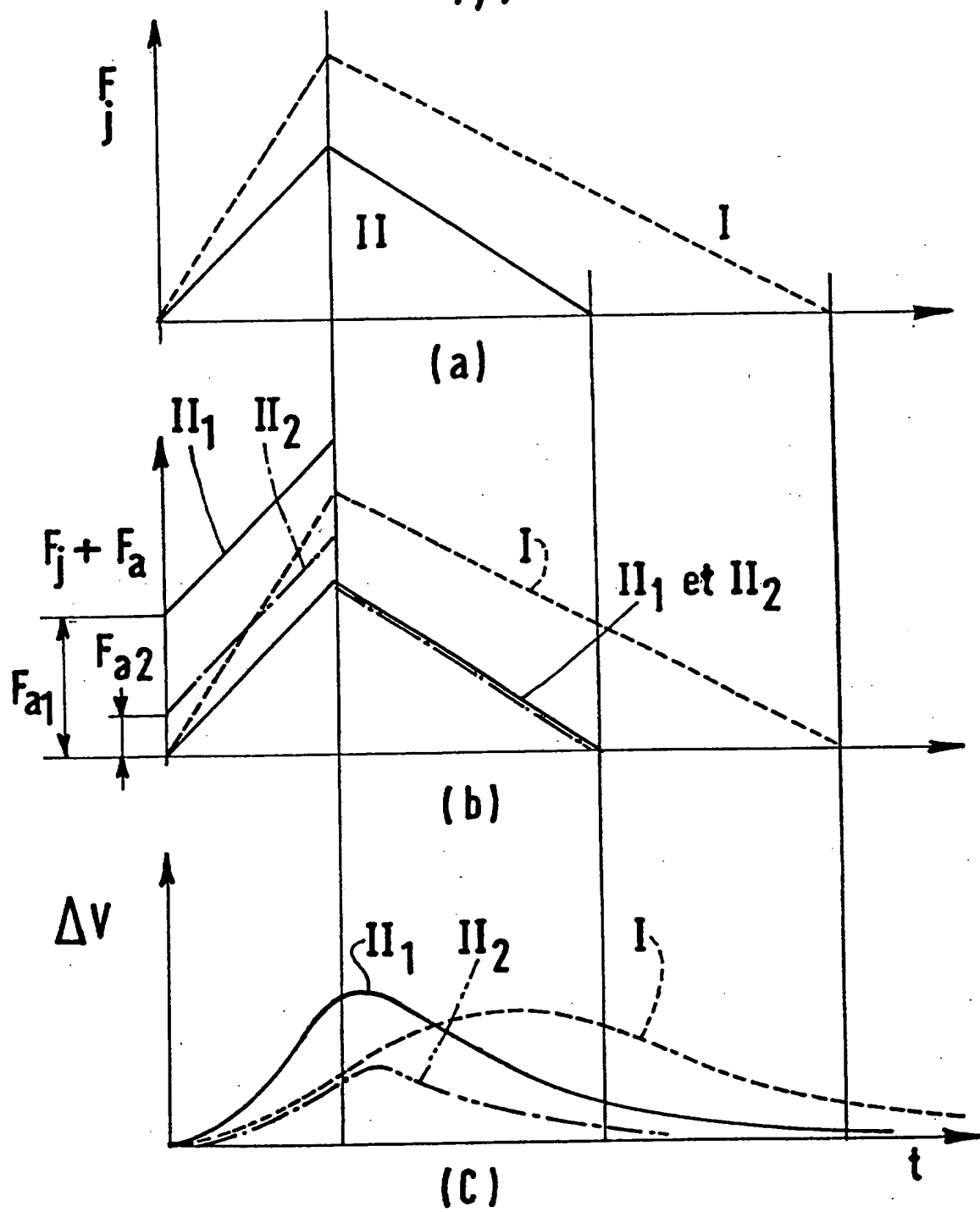


FIG.9

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2752191

N° d'enregistrement  
nationalFA 531881  
FR 9610141

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	DE 92 04 832 U (JUNG, AXEL) 11 Juin 1992 * page 4, alinéa 3 * * page 5, ligne 1 - page 7, ligne 1; figures * ---	1-14
A	DE 37 37 299 A (LEDERFABRIK HASE GMBH) 11 Mai 1988 * revendications; figure 3 * ---	1-14
A	FR 2 265 539 A (INST NAL RECH SECURITE PREV) 24 Octobre 1975 * page 2, ligne 26 - page 4, ligne 28; figures * ---	1-14
A	FR 2 489 696 A (ROBERT ROGER) 12 Mars 1982 * page 3, ligne 4 - ligne 28 * ---	1-14
D, A	US 4 302 851 A (ADAIR ROBIN W) 1 Décembre 1981 * le document en entier * -----	1-14
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		B32B A41D A43B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
25 Avril 1997		Pamies Olle, S
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		